

535,174

Rec'd PCT/PTO 17 MAY 2005

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international(43) Date de la publication internationale  
10 juin 2004 (10.06.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/048630 A1(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :

C22C 38/54, C21D 8/02

(74) Mandataire : PLAISANT, Sophie; Usinor DIR PI, Im-  
meuble "La Pacific", TSA 10001, F-92070 La Defense  
Cedex (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2003/003360

(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AU, AZ,  
BA, BB, BR, BY, BZ, CA, CN, CO, CR, CU, DM, DZ, EC,  
GD, GE, GH, GM, HR, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, MA, MD, MG, MK, MN, MW,  
MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, RU, SC, SD, SG,  
SL, SY, TJ, TM, TN, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN,  
YU, ZA, ZM, ZW.

(22) Date de dépôt international :

13 novembre 2003 (13.11.2003)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (BW, GH, GM,  
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet  
eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet  
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,  
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,  
TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(30) Données relatives à la priorité :

02 14423 19 novembre 2002 (19.11.2002) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : USI-  
NOR [FR/FR]; Immeuble La Pacific, La Défense 7, 11/13,  
cours Valmy, F-92800 Puteaux (FR).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : BE-  
GUINOT, Jean [FR/FR]; 12, rue des Pyrénées, F-71200  
Le Creusot (FR). BRISSON, Jean-Georges [FR/FR]; 45  
bis rue Lamartine, F-71200 Le Creusot (FR).En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrégia-  
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et  
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de  
la Gazette du PCT.

(54) Title: WELDABLE STEEL BUILDING COMPONENT AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) Titre : PIECE D'ACIER DE CONSTRUCTION SOUDABLE ET PROCEDE DE FABRICATION

(57) Abstract: The invention concerns steel building components whereof the chemical composition comprises, by weight: 0.40 % = C = 0.50 %, 0.50 % = Si = 1.50 %, 0 % = Mn = 3 %, 0 % = Ni = 5 %, 0 % = Cr = 4 %, 0 % = Cu = 1 %, 0 % = Mo + W/2 = 1.5 %, 0.0005 % = B = 0.010 %, N = 0.025 %, AI ≤ 0.9 %, Si + AI = 2.0 %, optionally at least one element selected among V, Nb, Ta, S and Ca, in contents less than 0.3 %, and among Ti and Zr in contents not more than 0.5 %, the rest being iron and impurities resulting from the preparation, the aluminium, boron, titanium and nitrogen contents, expressed in thousandths of %, of said composition further satisfying the following relationship:  $B = 1/3 \times K + 0.5$ , (1) with  $K = \text{Min} \{I^*; J^*\}$ ,  $I^* = \text{Max} \{0; 1\}$  and  $J^* = \text{Max} \{0; J\}$ ,  $I = \text{Min} \{N; N - 0.29(Ti - 5)\}$ ,  $J = \text{Min} \{N; 0.5 (N - 0.52 AI + \sqrt{(N - 0.52 AI)^2 + 283})\}$ , and whereof the structure is bainitic, martensitic or martensitic/bainitic and additionally comprises 3 to 20 % of residual austenite. The invention also concerns a method for making said components.(57) Abrégé : L'invention concerne des pièces d'acier de construction dont la composition chimique comprend, en poids,  $0,40\% \leq C \leq 0,50\%$ ,  $0,50\% \leq Si \leq 1,50\%$ ,  $0\% \leq Mn \leq 3\%$ ,  $0\% \leq Ni \leq 5\%$ ,  $0\% \leq Cr \leq 4\%$ ,  $0\% \leq Cu \leq 1\%$ ,  $0\% \leq Mo + W/2 \leq 1,5\%$ ,  $0,0005\% \leq B \leq 0,010\%$ ,  $N \leq 0,025\%$ ,  $AI \leq 0,9\%$ ,  $Si + AI \leq 2,0\%$ , éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Ta, S et Ca, en des teneurs inférieures à 0,3%, et/ou parmi Ti et Zr en des teneurs inférieures ou égales à 0,5%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, les teneurs en aluminium, en bore, en titane et en azote, exprimées en millièmes de %, de ladite composition satisfaisant en outre la relation suivante  $B \leq 1/3 \times K + 0,5$ , (1) avec  $K = \text{Min} \{I^*; J^*\}$ ,  $I^* = \text{Max} \{0; 1\}$  et  $J^* = \text{Max} \{0; J\}$ ,  $I = \text{Min} \{N; N - 0,29(Ti - 5)\}$ ,  $J = \text{Min} \{N; 0,5 (N - 0,52 AI + \sqrt{(N - 0,52 AI)^2 + 283})\}$ , et dont la structure est bainitique, martensitique ou martensito-bainitique et comprend en outre de 3 à 20% d'austénite résiduelle. Procédé de fabrication.

WO 2004/048630 A1

## PIECE D'ACIER DE CONSTRUCTION SOUDABLE ET PROCEDE DE FABRICATION

5 La présente invention concerne des pièces d'acier de construction soudables et leur procédé de fabrication.

Les aciers de construction doivent présenter un certain niveau de caractéristiques mécaniques pour être adaptés à l'usage que l'on souhaite en faire, et ils doivent en particulier présenter une dureté élevée. Pour cela, on  
10 utilise des aciers susceptibles d'être trempés, c'est à dire pour lesquels on peut obtenir une structure martensitique ou bainitique lorsqu'on les refroidit de façon suffisamment rapide et efficace. On définit ainsi une vitesse critique bainitique, au-delà de laquelle on obtient une structure bainitique, martensitique ou martensito-bainitique, en fonction de la vitesse de  
15 refroidissement atteinte.

L'aptitude à la trempe de ces aciers dépend de leur teneur en éléments trempants. En règle générale, plus ces éléments sont présents en grande quantité, plus la vitesse critique bainitique est faible.

En dehors de leurs caractéristiques mécaniques, les aciers de  
20 construction doivent également présenter une bonne soudabilité. Or, lorsqu'on soude une pièce d'acier, la zone de soudage, encore appelée Zone Affectée Thermiquement ou ZAT, est soumise à une très haute température pendant un temps bref, puis à un refroidissement brutal qui vont conférer à cette zone une dureté élevée qui peut conduire à des fissurations et  
25 restreindre ainsi la soudabilité de l'acier.

D'une façon classique, la soudabilité d'un acier peut être estimée à l'aide du calcul de son "carbone équivalent" donné par la formule suivante :

$$C_{eq} = (\%C + \%Mn/6 + (\%Cr + (\%Mo + \%W/2) + \%V)/5 + \%Ni/15)$$

En première approximation, plus son carbone équivalent est faible plus  
30 l'acier est soudable. On comprend donc que l'amélioration de la trempabilité,

qui passe par une plus grande teneur en éléments trempants, se fait au détriment de la soudabilité.

Pour améliorer la trempabilité de ces aciers sans dégrader leur soudabilité, on a alors développé des nuances micro-alliées au bore, en profitant de ce que, notamment, l'efficacité trempante de cet élément diminue lorsque la température d'austénitisation augmente. Ainsi, la ZAT est moins trempante qu'elle ne le serait dans une nuance de même trempabilité sans bore, et l'on peut ainsi diminuer trempabilité et dureté de cette ZAT.

Toutefois, comme l'effet trempant du bore dans la partie non soudée de l'acier tend à saturer pour des teneurs efficaces de 30 à 50 ppm, une amélioration supplémentaire de la trempabilité de l'acier ne peut alors se faire qu'en ajoutant des éléments trempants dont l'efficacité ne dépend pas de la température d'austénitisation, ce qui pénalise automatiquement la soudabilité de ces aciers. De même, l'amélioration de la soudabilité passe par la diminution des teneurs en éléments trempants, qui réduit automatiquement la trempabilité.

Le but de la présente invention est de remédier à cet inconvénient en proposant un acier de construction ayant une trempabilité améliorée sans diminution de sa soudabilité.

A cet effet, l'invention a pour premier objet une pièce d'acier de construction soudable dont la composition chimique comprend, en poids :

$$0,40\% \leq C \leq 0,50\%$$

$$0,50\% \leq Si \leq 1,50\%$$

$$0\% \leq Mn \leq 3\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 5\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 4\%$$

$$0\% \leq Cu \leq 1\%$$

$$0\% \leq Mo + W/2 \leq 1,5\%$$

$$0,0005\% \leq B \leq 0,010\%$$

$$N \leq 0,025\%$$

$$\text{Al} \leq 0,9\%$$

$$\text{Si} + \text{Al} \leq 2,0\%$$

éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Ta, S et Ca, en des teneurs inférieures à 0,3%, et/ou parmi Ti et Zr en des teneurs inférieures ou égales à 0,5%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration,

- 5 les teneurs en aluminium, en bore, en titane et en azote, exprimées en millièmes de %, de ladite composition satisfaisant en outre la relation suivante :

$$B \geq \frac{1}{3} \times K + 0,5, \quad (1)$$

avec  $K = \text{Min}(I^* ; J^*)$

$$10 \quad I^* = \text{Max}(0 ; I) \quad \text{et} \quad J^* = \text{Max}(0 ; J)$$

$$I = \text{Min}(N ; N - 0,29(Ti - 5))$$

$$J = \text{Min}\left(N ; 0,5\left(N - 0,52 \text{ Al} + \sqrt{(N - 0,52 \text{ Al})^2 + 283}\right)\right),$$

- et dont la structure est bainitique, martensitique ou martensito-bainitique et comprend en outre de 3 à 20% d'austénite résiduelle, de préférence de 5 à 20% d'austénite résiduelle.

Dans un mode de réalisation préféré, la composition chimique de l'acier de la pièce selon l'invention satisfait en outre la relation :

$$1,1\% \text{Mn} + 0,7\% \text{Ni} + 0,6\% \text{Cr} + 1,5(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 1, \text{ de préférence } \geq 2 \quad (2)$$

- 20 Dans un autre mode de réalisation préféré, la composition chimique de l'acier de la pièce selon l'invention satisfait en outre la relation :

$$\% \text{Cr} + 3(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 1,8, \text{ de préférence } \geq 2,0.$$

L'invention a également pour deuxième objet un procédé de fabrication d'une pièce en acier soudable selon l'invention, caractérisé en ce que :

- 25 - on austénitise la pièce par chauffage à une température comprise entre  $A_{c3}$  et 1 000°C, de préférence comprise entre  $A_{c3}$  et 950°C, puis on la refroidit jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C de telle sorte

que, au cœur de la pièce, la vitesse de refroidissement entre 800°C et 500°C soit supérieure ou égale à la vitesse critique bainitique,

- éventuellement, on effectue un revenu à une température inférieure ou égale à  $Ac_1$ .

5        Entre 500°C environ et l'ambiante et notamment entre 500°C et une température inférieure ou égale à 200°C, la vitesse de refroidissement peut être éventuellement ralentie, notamment pour favoriser un phénomène d'auto-revenu et la rétention de 3% à 20% d'austénite résiduelle. Préférentiellement, la vitesse de refroidissement entre 500°C et une  
10      température inférieure ou égale à 200°C sera alors comprise entre 0,07°C/s et 5°C/s ; plus préférentiellement entre 0,15°C/s et 2,5°C/s.

      Dans un mode de réalisation préféré, on effectue un revenu à une température inférieure à 300°C pendant un temps inférieur à 10 heures, à l'issue du refroidissement jusqu'à une température inférieure ou égale à  
15      200°C.

      Dans un autre mode de réalisation préféré, le procédé selon l'invention ne comprend pas de revenu à l'issue du refroidissement de la pièce jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C.

      Dans un autre mode de réalisation préféré, la pièce soumise au  
20      procédé selon l'invention est une tôle d'épaisseur comprise entre 3 et 150 mm.

      L'invention a pour troisième objet un procédé de fabrication d'une tôle en acier soudable selon l'invention, dont l'épaisseur est comprise entre 3 mm et 150 mm, et qui est caractérisé en ce qu'on réalise une trempe de ladite  
25      tôle, la vitesse de refroidissement  $V_R$  au cœur de la tôle entre 800°C et 500°C, exprimée en °C/heure, et la composition de l'acier étant telles que :

$$1,1\%Mn + 0,7\%Ni + 0,6\%Cr + 1,5(\%Mo + \%W/2) + \log V_R \geq 5,5,$$

et de préférence  $\geq 6$ , log étant le logarithme décimal.

      La présente invention est basée sur le constat nouveau que l'ajout de  
30      silicium dans les teneurs indiquées ci-dessus permet d'accroître l'effet trempant du bore de 30 à 50%. Cette synergie intervient sans augmentation

de la quantité de bore ajoutée, alors que le silicium ne présente pas d'effet trempant notable en l'absence de bore.

D'autre part, l'ajout de silicium n'affecte pas la propriété du bore de voir sa trempabilité se réduire puis s'annuler avec des températures d'austénitisation croissantes, comme c'est le cas dans la ZAT.

On voit donc que l'utilisation de silicium en présence de bore permet d'augmenter encore la trempabilité de la pièce sans altérer sa soudabilité.

Par ailleurs, on a également découvert que, grâce à l'amélioration de la trempabilité de ces nuances d'aciers, et en garantissant une teneur minimale en éléments carburigènes que sont, notamment, le chrome, le molybdène et le tungstène, on pouvait fabriquer ces aciers en n'effectuant qu'un revenu à faible température, voire même en le supprimant.

En effet, l'amélioration de la trempabilité permet de refroidir les pièces plus lentement, tout en garantissant une structure essentiellement bainitique, martensitique ou martensito-bainitique. Ce refroidissement plus lent combiné à une teneur suffisante en éléments carburigènes permet alors la précipitation de fins carbures de chrome, de molybdène et/ou de tungstène par un phénomène dit d'auto-revenu. Ce phénomène d'auto-revenu est, de plus, grandement favorisé par le ralentissement de la vitesse de refroidissement en dessous de 500°C. De même ce ralentissement favorise aussi la rétention d'austénite, préférentiellement dans une proportion comprise entre 3% et 20%. On simplifie donc le procédé de fabrication, tout en améliorant les caractéristiques mécaniques de l'acier, qui ne subit plus d'adoucissement important dû à un revenu à haute température, comme on le pratique habituellement. Il reste cependant possible d'effectuer un tel revenu aux températures usuelles, c'est à dire inférieures ou égales à  $Ac_1$ .

L'invention va maintenant être décrite plus en détail mais de façon non limitative.

L'acier de la pièce selon l'invention contient, en poids :

- plus de 0,40% de carbone, pour permettre d'obtenir d'excellentes caractéristiques mécaniques, mais moins de 0,50% pour obtenir une bonne

soudabilité, une bonne découabilité, une bonne aptitude au pliage et une ténacité satisfaisante ;

- plus de 0,50%, de préférence plus de 0,75%, et de façon particulièrement préférée plus de 0,85% en poids, de silicium afin d'obtenir la synergie avec le bore, mais moins de 1,50% en poids pour ne pas fragiliser l'acier ;

- plus de 0,0005%, de préférence plus de 0,001% de bore pour ajuster la trempabilité, mais moins de 0,010% en poids pour éviter une trop grande teneur en nitrures de bore néfastes pour les caractéristiques mécaniques de l'acier ;

- moins de 0,025%, et de préférence moins de 0,015% d'azote, la teneur obtenue étant fonction du procédé d'élaboration de l'acier,

- de 0% à 3% et, de préférence de 0,3% à 1,8% de manganèse, de 0% à 5% et, de préférence de 0% à 2% de nickel, de 0% à 4% de chrome, de 0 à 1 % de cuivre, la somme de la teneur en molybdène et de la moitié de la teneur en tungstène étant inférieure à 1,50% de façon à obtenir une structure principalement bainitique, martensitique ou martensito-bainitique, le chrome, le molybdène et le tungstène ayant, de plus, l'avantage de permettre la formation de carbures favorables à la résistance mécanique et à l'usure comme indiqué précédemment ; en outre, la somme  $\%Cr + 3(\%Mo + \%W/2)$  est de préférence supérieure à 1,8 %, et de façon particulièrement préférée supérieure à 2,0%, afin de pouvoir éventuellement limiter le revenu à 300°C, voire de le supprimer ;

- moins de 0,9% d'aluminium, qui au-delà serait néfaste pour la coulabilité (bouchage des conduits de coulée par des inclusions). La teneur cumulée en aluminium et en silicium doit en outre être inférieure à 2,0% afin de limiter les risques de déchirure lors du laminage.

- éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Ta, S et Ca, en des teneurs inférieures à 0,3%, et/ou parmi Ti et Zr en des teneurs inférieures ou égales à 0,5%. L'ajout de V, Nb, Ta, Ti, Zr permet d'obtenir un durcissement par précipitation sans détériorer excessivement la soudabilité. Le titane, le zirconium et l'aluminium peuvent être utilisés pour fixer l'azote présent dans

l'acier ce qui protège le bore, le titane pouvant être remplacé en tout ou partie par un poids double de Zr. Le soufre et le calcium permettent d'améliorer l'usinabilité de la nuance ;

- les teneurs en aluminium, en bore, en titane et en azote, exprimées en millièmes de %, de ladite composition satisfaisant en outre la relation suivante

$$B \geq \frac{1}{3} \times K + 0,5, \quad (1)$$

5 avec  $K = \text{Min}(I^* ; J^*)$

$$I^* = \text{Max}(0 ; I) \quad \text{et} \quad J^* = \text{Max}(0 ; J)$$

$$I = \text{Min}(N ; N - 0,29(Ti - 5))$$

$$J = \text{Min}\left(N ; 0,5\left(N - 0,52 \text{ Al} + \sqrt{(N - 0,52 \text{ Al})^2 + 283}\right)\right),$$

- le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

10 Pour fabriquer une pièce soudable, on élabore un acier conforme à l'invention, on le coule sous forme d'un demi produit qui est alors mis en forme par déformation plastique à chaud, par exemple par laminage ou par forgeage. La pièce ainsi obtenue est alors austénitisée par chauffage à une température au dessus de  $Ac_3$  mais inférieure à  $1\,000^\circ\text{C}$ , et de préférence  
15 inférieure à  $950^\circ\text{C}$ , puis refroidie jusqu'à la température ambiante de telle sorte que, au cœur de la pièce, la vitesse de refroidissement entre  $800^\circ\text{C}$  et  $500^\circ\text{C}$  soit supérieure à la vitesse critique bainitique. On limite la température d'austénitisation à  $1\,000^\circ\text{C}$ , car au-delà l'effet trempant du bore devient trop faible.

20 Toutefois, il est également possible d'obtenir la pièce par refroidissement direct dans la chaude de mise en forme (sans réausténitisation) et dans ce cas, même si le chauffage avant mise en forme dépasse  $1000^\circ\text{C}$  tout en restant inférieur à  $1300^\circ\text{C}$ , le bore conservant alors son effet.

25 Pour refroidir la pièce jusqu'à la température ambiante, depuis la température d'austénitisation, on peut tremper utiliser tous les procédés de



trempe connus (air, huile, eau) dès lors que la vitesse de refroidissement reste supérieure à la vitesse critique bainitique.

On soumet ensuite éventuellement la pièce à un revenu classique à une température inférieure ou égale à  $A_{c1}$ , mais on préfère limiter la température à 300°C, voire même supprimer cette étape. En effet, l'absence de revenu peut être, éventuellement, compensée par un phénomène d'auto-revenu. Celui-ci est notamment favorisé en autorisant une vitesse de refroidissement à basse température (c'est à dire en dessous de 500°C environ) préférentiellement comprise entre 0,07°C/s et 5°C/s ; plus  
10 préférentiellement entre 0,15°C/s et 2,5°C/s.

A cet effet, on pourra employer tous les moyens de trempe connus, à condition de les contrôler si nécessaire. Ainsi, on pourra par exemple utiliser une trempe à l'eau si on ralentit la vitesse de refroidissement lorsque la température de la pièce descend en dessous de 500°C, ce qui pourra  
15 notamment se faire en sortant la pièce de l'eau pour finir la trempe à l'air.

On obtient ainsi une pièce, et notamment une tôle, soudable constituée d'acier ayant une structure bainitique, martensitique ou martensito-bainitique à cœur, comprenant de 3 à 20% d'austénite résiduelle.

La présence d'austénite résiduelle offre un intérêt particulier en regard  
20 du comportement de l'acier au soudage. En effet, en vue de limiter le risque de fissuration au soudage, et complémentirement à la réduction susmentionnée de la trempabilité de la ZAT, la présence d'austénite résiduelle dans le métal de base, au voisinage de la ZAT, permet de fixer une partie de l'hydrogène dissous, éventuellement introduit par l'opération de  
25 soudage, hydrogène qui, s'il n'était pas ainsi fixé, viendrait accroître le risque de fissuration.

A titre d'exemple, on a fabriqué des lingotins avec les aciers 1 et 2 conformes à l'invention, et avec les aciers A et B selon l'art antérieur, dont les compositions sont, en millièmes de % en poids, et à l'exception du fer :

	C	Si	B	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Nb	Ti	Al	N
1	415	870	2	1150	510	1110	450	-	-	-	-	55	6
A	420	315	3	1150	520	1130	460	-	-	-	-	52	5
2	450	830	3	715	1410	1450	410	230	65	38	32	25	6
B	460	280	3	720	1430	1470	425	240	63	42	31	27	6

Après forgeage des lingotins, la trempabilité des quatre aciers a été évaluée par dilatométrie. On s'est ici intéressé à titre d'exemple à la trempabilité martensitique et donc à la vitesse critique martensitique V1 après une austénitisation à 900°C pendant 15 minutes.

On déduit de cette vitesse V1 les épaisseurs maximales des tôles que l'on peut obtenir en conservant une structure essentiellement martensitique à cœur et comprenant également au moins 3% d'austénite résiduelle. Ces épaisseurs ont été déterminées dans le cas d'une trempe à l'air (A), à l'huile (H) et à l'eau (E).

Enfin, on a estimé la soudabilité des deux aciers en calculant leur pourcentage de carbone équivalent selon la formule :

$$C_{eq} = (\%C + \%Mn/6 + (\%Cr + (\%Mo + \%W/2) + \%V)/5 + \%Ni/15)$$

Les caractéristiques des lingotins L1 et L2 conformes à l'invention, et des lingotins LA et LB, donnés à titre de comparaison, sont :

Lingotin	V1 (°C/h)	Epaisseur max. (mm)			C <sub>eq</sub> (%)
		A	H	E	
L1	8 800	7	60	100	0,95
LA	15 000	4	40	75	0,91
L2	5 000	13	80	120	1,07
LB	8 200	8	55	85	1,09

On constate que les vitesses critiques martensitiques des pièces selon l'invention sont nettement inférieures aux vitesses correspondantes des lingotins en acier de l'art antérieur, ce qui signifie que leur trempabilité a été

sensiblement améliorée, alors que dans le même temps leur soudabilité est inchangée.

L'amélioration de la trempabilité permet ainsi de fabriquer des pièces à structure trempée à cœur dans des conditions de refroidissement moins  
5 drastiques que celles de l'art antérieur et/ou dans des épaisseurs maximum plus fortes.

REVENDICATIONS

1. Pièce d'acier de construction soudable, caractérisée en ce que sa  
5 composition chimique comprend, en poids :

$$0,40\% \leq C \leq 0,50\%$$

$$0,50\% \leq Si \leq 1,50\%$$

$$0\% \leq Mn \leq 3\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 5\%$$

10

$$0\% \leq Cr \leq 4\%$$

$$0\% \leq Cu \leq 1\%$$

$$0\% \leq Mo + W/2 \leq 1,5\%$$

$$0,0005\% \leq B \leq 0,010\%$$

$$N \leq 0,025\%$$

$$Al \leq 0,9\%$$

$$Si + Al \leq 2,0\%$$

- 15 éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Ta, S et Ca, en des teneurs inférieures à 0,3%, et/ou parmi Ti et Zr en des teneurs inférieures ou égales à 0,5%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration,

- les teneurs en aluminium, en bore, en titane et en azote, exprimées en millièmes de %, de ladite composition satisfaisant en outre la relation  
20 suivante :

$$B \geq \frac{1}{3} \times K + 0,5, \quad (1)$$

avec  $K = \text{Min}(I^* ; J^*)$

$$I^* = \text{Max}(0 ; I) \quad \text{et} \quad J^* = \text{Max}(0 ; J)$$

$$I = \text{Min}(N ; N - 0,29(Ti - 5))$$

25  $J = \text{Min}\left(N ; 0,5\left(N - 0,52 Al + \sqrt{(N - 0,52 Al)^2 + 283}\right)\right),$

et dont la structure est bainitique, martensitique ou martensito-bainitique et comprend en outre de 3 à 20% d'austénite résiduelle.

2. Pièce d'acier selon la revendication 1, caractérisée en ce que sa composition chimique satisfait en outre la relation suivante :

5  $1,1\% \text{Mn} + 0,7\% \text{Ni} + 0,6\% \text{Cr} + 1,5(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 1$  (2)

3. Pièce d'acier selon la revendication 2, caractérisée en outre en ce que sa composition chimique satisfait la relation suivante :

$$1,1\% \text{Mn} + 0,7\% \text{Ni} + 0,6\% \text{Cr} + 1,5(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 2 \quad (2)$$

4. Pièce d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que sa composition chimique satisfait en outre la relation suivante :

$$\% \text{Cr} + 3(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 1,8.$$

5. Pièce d'acier selon la revendication 4, caractérisée en ce que sa composition chimique satisfait en outre la relation suivante :

15  $\% \text{Cr} + 3(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 2,0.$

6. Procédé de fabrication d'une pièce en acier soudable selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que,

- on austénitise la pièce par chauffage à une température comprise entre  $A_{c3}$  et 1 000°C, puis on la refroidit jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C, de telle sorte que, au cœur de la pièce, la vitesse de refroidissement entre 800°C et 500°C soit supérieure ou égale à la vitesse critique bainitique,

20 - éventuellement, on effectue un revenu à une température inférieure ou égale à  $A_{c1}$ .

- 25 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que, au cœur de ladite pièce, la vitesse de refroidissement entre 500°C et une température inférieure ou égale à 200°C est comprise entre 0,07°C/s et 5°C/s.

8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que l'on effectue un revenu à une température inférieure à 300°C pendant un temps inférieur à 10 heures, à l'issue du refroidissement jusqu'à une
- 30 température inférieure ou égale à 200°C.

9. Procédé selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que l'on n'effectue pas de revenu à l'issue du refroidissement jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C.
10. Procédé de fabrication d'une tôle en acier soudable selon l'une  
5 quelconque des revendications 1 à 5, dont l'épaisseur est comprise entre 3 mm et 150 mm, caractérisé en ce qu'on réalise une trempe de ladite tôle, la vitesse de refroidissement  $V_R$  au cœur de la pièce entre 800°C et 500°C et la composition de l'acier étant telles que :
- $$1,1\%Mn + 0,7\%Ni + 0,6\%Cr + 1,5(\%Mo + \%W/2) + \log V_R \geq 5,5.$$
- 10 11. Procédé de fabrication d'une tôle en acier soudable selon la revendication 10, dont l'épaisseur est comprise entre 3 mm et 150 mm, caractérisé en outre en ce qu'on réalise une trempe de ladite tôle, la vitesse de refroidissement  $V_R$  au cœur de la pièce entre 800°C et 500°C et la composition de l'acier étant telles que :
- 15  $1,1\%Mn + 0,7\%Ni + 0,6\%Cr + 1,5(\%Mo + \%W/2) + \log V_R \geq 6.$

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/FR 03/0

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 C22C38/54 C21D8/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 C22C C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, CHEM ABS Data, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 4 171 233 A (VANDER GEORGE F) 16 October 1979 (1979-10-16) claims 1-7 column 4, line 30 - column 11, line 60	1-5 6-11
X A	WO 96/22396 A (BRITISH STEEL PLC ;BHADESHIA HARSHAD KUMAR DHARAM (GB); JERATH VIJ) 25 July 1996 (1996-07-25) claims 1-12 page 1, paragraph 1 - page 11, paragraph 4	1-5 6-11
X A	EP 0 881 306 A (COCKERILL RECH & DEV) 2 December 1998 (1998-12-02) claims 1-10 page 2, line 1 - page 6, line 20	1-5 6-11
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 March 2004

Date of mailing of the international search report

15/03/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vlassi, E

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/FR 03/00000

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 725 156 A (CREUSOT LOIRE) 7 August 1996 (1996-08-07) claims 1-13 page 2, line 1 - page 7, line 58	1-11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 01, 28 February 1995 (1995-02-28) -& JP 06 299242 A (KAWATETSU TECHNO WIRE KK), 25 October 1994 (1994-10-25) abstract	1-11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 112 (C-281), 16 May 1985 (1985-05-16) -& JP 60 005820 A (NITSUSHIN SEIKOU KK), 12 January 1985 (1985-01-12) abstract	1-11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 145 (C-1178), 10 March 1994 (1994-03-10) -& JP 05 320749 A (NISSHIN STEEL CO LTD), 3 December 1993 (1993-12-03) abstract	1-11



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/FR 03/0060

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 4171233	A	16-10-1979	CA	1149198 A1	05-07-1983
WO 9622396	A	25-07-1996	GB	2297094 A	24-07-1996
			AU	703809 B2	01-04-1999
			AU	4351896 A	07-08-1996
			BG	101785 A	30-04-1998
			BR	9606926 A	11-11-1997
			CA	2210797 A1	25-07-1996
			CN	1175980 A ,B	11-03-1998
			CZ	9702277 A3	18-03-1998
			EE	9700156 A	15-12-1997
			EG	20676 A	30-11-1999
			EP	0804623 A1	05-11-1997
			FI	973065 A	18-09-1997
			WO	9622396 A1	25-07-1996
			JP	11502564 T	02-03-1999
			PL	321366 A1	08-12-1997
			RO	116650 B1	30-04-2001
			US	5879474 A	09-03-1999
			ZA	9600438 A	08-08-1996
EP 0881306	A	02-12-1998	BE	1011149 A3	04-05-1999
			EP	0881306 A1	02-12-1998
EP 0725156	A	07-08-1996	FR	2729974 A1	02-08-1996
			DE	69613868 D1	23-08-2001
			DE	69613868 T2	29-11-2001
			EP	0725156 A1	07-08-1996
			JP	8239738 A	17-09-1996
			US	5695576 A	09-12-1997
JP 06299242	A	25-10-1994	NONE		
JP 60005820	A	12-01-1985	JP	1612207 C	30-07-1991
			JP	2036648 B	20-08-1990
JP 05320749	A	03-12-1993	NONE		

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/FR 03/00

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 C22C38/54 C21D8/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 C22C C21D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, CHEM ABS Data, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X A	US 4 171 233 A (VANDER GEORGE F) 16 octobre 1979 (1979-10-16) revendications 1-7 colonne 4, ligne 30 - colonne 11, ligne 60	1-5 6-11
X A	WO 96/22396 A (BRITISH STEEL PLC ;BHADESHIA HARSHAD KUMAR DHARAM (GB); JERATH VIJ) 25 juillet 1996 (1996-07-25) revendications 1-12 page 1, alinéa 1 - page 11, alinéa 4	1-5 6-11
X A	EP 0 881 306 A (COCKERILL RECH & DEV) 2 décembre 1998 (1998-12-02) revendications 1-10 page 2, ligne 1 - page 6, ligne 20	1-5 6-11
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

8 mars 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

15/03/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Vlassi, E

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande ( ) ation No  
PCT/FR 03/00000

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 725 156 A (CREUSOT LOIRE) 7 août 1996 (1996-08-07) revendications 1-13 page 2, ligne 1 - page 7, ligne 58 -----	1-11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 01, 28 février 1995 (1995-02-28) -& JP 06 299242 A (KAWATETSU TECHNO WIRE KK), 25 octobre 1994 (1994-10-25) abrégé -----	1-11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 112 (C-281), 16 mai 1985 (1985-05-16) -& JP 60 005820 A (NITSUSHIN SEIKOU KK), 12 janvier 1985 (1985-01-12) abrégé -----	1-11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 145 (C-1178), 10 mars 1994 (1994-03-10) -& JP 05 320749 A (NISSHIN STEEL CO LTD), 3 décembre 1993 (1993-12-03) abrégé -----	1-11

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale  
PCT/FR 03/03

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4171233	A	16-10-1979	CA 1149198 A1	05-07-1983
WO 9622396	A	25-07-1996	GB 2297094 A	24-07-1996
			AU 703809 B2	01-04-1999
			AU 4351896 A	07-08-1996
			BG 101785 A	30-04-1998
			BR 9606926 A	11-11-1997
			CA 2210797 A1	25-07-1996
			CN 1175980 A ,B	11-03-1998
			CZ 9702277 A3	18-03-1998
			EE 9700156 A	15-12-1997
			EG 20676 A	30-11-1999
			EP 0804623 A1	05-11-1997
			FI 973065 A	18-09-1997
			WO 9622396 A1	25-07-1996
			JP 11502564 T	02-03-1999
			PL 321366 A1	08-12-1997
			RO 116650 B1	30-04-2001
			US 5879474 A	09-03-1999
			ZA 9600438 A	08-08-1996
EP 0881306	A	02-12-1998	BE 1011149 A3	04-05-1999
			EP 0881306 A1	02-12-1998
EP 0725156	A	07-08-1996	FR 2729974 A1	02-08-1996
			DE 69613868 D1	23-08-2001
			DE 69613868 T2	29-11-2001
			EP 0725156 A1	07-08-1996
			JP 8239738 A	17-09-1996
			US 5695576 A	09-12-1997
JP 06299242	A	25-10-1994	AUCUN	
JP 60005820	A	12-01-1985	JP 1612207 C	30-07-1991
			JP 2036648 B	20-08-1990
JP 05320749	A	03-12-1993	AUCUN	